

Wirkungen möglicher Impfkampagnen im Herbst 2022

MODUS-COVID Bericht vom 26.04.2022

Sebastian Alexander Müller¹, William Charlton¹, Ricardo Ewert¹, Sydney Paltra¹, Christian Rakow¹, Jakob Rehmann¹, Tim Conrad², Christof Schütte², Kai Nagel¹

¹Verkehrssystemplanung und Verkehrstelematik ("VSP"), TU Berlin

nagel@vsp.tu-berlin.de

²Zuse-Inst. Berlin ("ZIB")

Available via TU Berlin repository: <http://dx.doi.org/10.14279/depositonce-15525>

Date of this version: 26-april-2022

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0) <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Website: <https://covid-sim.info>

1 Zusammenfassung

Wir betrachten mögliche Szenarien der Virusentwicklung für die nächsten Monate. Bleibt es bei einer Omikron-ähnlichen Variante, dann berechnet unser Modell eine Herbstwelle, welche nach den Sommerferien beginnt; die Belastung des Gesundheitssystems wird dabei laut Modell ähnlich sein wie derzeit. Sollte allerdings eine neue Immunflucht-Variante auftreten, richtet sich die Welle nach dem Zeitpunkt des Eintrags, unabhängig von der Saison. Sofern die Immunflucht-Variante bzgl. Krankheitsschwere so gefährlich wie die Delta-Variante ist, droht laut unserem Modell eine erneute Überlastung des Gesundheitssystems (vgl. Abschnitt 4).

Unsere Simulationen ergeben, dass solche Wellen durch breite Impfkampagnen deutlich eingedämmt werden und die Belastung des Gesundheitssystems erheblich reduziert werden kann. Sollte allerdings eine neue Mutation auftreten, die so gefährlich wie die Delta-Variante ist, wird laut unseren Simulationen das Gesundheitssystem selbst mit einer solchen Impfkampagne sehr viel stärker als derzeit belastet. Wenn eine Überlastung des Gesundheitssystems verhindert werden soll, wären in diesem Szenario sehr deutliche weitere Gegenmaßnahmen nötig (vgl. Abschnitt 5 & 6).

2 Mögliche Szenarien der Virusentwicklung für die kommenden Monate

Im Folgenden betrachten wir mögliche Szenarien für die kommenden Monate für den Fall, dass eine neue Virusvariante auftritt. Unsere Simulationen zeigen mögliche Auswirkungen auf die Infektionsdynamik und das Gesundheitssystem für verschiedene Eigenschaften, die eine solche hypothetische Virusmutation haben könnte.

Wie in unserem letzten Bericht orientieren sich diese Szenarien an denen der britischen Expert:innengruppe SAGE (SAGE 2022). Diese Gruppe nimmt an, dass sich eine mögliche neue Virusvariante in den folgenden Eigenschaften von den bisherigen Varianten unterscheiden kann: (i) Übertragbarkeit, (ii) Immunflucht, (iii) Krankheitsschwere.

Punkt (i) meint die Übertragbarkeit im engeren Sinne, die immunisierte und nicht-immunisierte Personen gleichermaßen betrifft; Punkt (ii) betrifft nur bereits immunisierte Personen. Punkte (i) und (ii) gemeinsam ergeben die Übertragbarkeit im weiteren Sinne. Wie bereits im letzten Bericht dargelegt, ist zu erwarten, dass bzgl. der Übertragbarkeit im weiteren Sinne keine Veränderung zum Besseren, also keine Reduktion, stattfinden wird. Dies ergibt sich daraus, dass sich eine solche Variante im Normalfall nicht gegen die vorherrschenden Varianten durchsetzen kann. In unserem Modell zeigt sich, dass eine Erhöhung der Übertragbarkeit und eine erhöhte Immunflucht für die Gesamtdynamik eine ähnliche Wirkung haben. Dies liegt daran, dass mittlerweile die überwiegende Mehrheit der Bevölkerung entweder durch Impfung oder Infektion eine gewisse Immunität aufgebaut haben. Wir betrachten stellvertretend im Folgenden nur eine Erhöhung der Immunflucht.

Unter Punkt (iii) (Krankheitsschwere) verstehen wir die Wahrscheinlichkeit einer Hospitalisierung nach einer Infektion. Bei diesem Punkt sind Entwicklungen in beide Richtungen denkbar.

Wir definieren für diesen Bericht die folgenden drei Szenarien und simulieren mit unserem Modell, welchen Einfluss sie auf die Infektions- und Krankenhausinzidenzen hätten. Zudem zeigen wir anhand des Modells, welchen Einfluss eine weitere Impfkampagne in den verschiedenen Szenarien hätte.

Szenario	Beschreibung
1	Es bleibt bei Omikron oder einer sehr ähnlichen Variante ¹ (keine Immunflucht-Variante, Krankheitsschwere bleibt wie bei Omikron) (im vorherigen Bericht mit "eher günstiger" Fall bezeichnet).
2	Neue Immunflucht-Variante; Krankheitsschwere wie bei Omikron (im vorherigen Bericht: "mittlerer" Fall).
3	Neue Immunflucht-Variante; Krankheitsschwere wie bei Delta (im vorherigen Bericht: "eher ungünstiger" Fall).

Tabelle 1: Beschreibung der Szenarien.

Wir gehen also davon aus, dass sich die neue Virusvariante in den Szenarien 2 und 3 bzgl. der Immunflucht (Punkt (ii)) von Omikron BA.2 unterscheidet. Wir nehmen an, dass die Immunflucht der neuen Variante im Vergleich zu Omikron die gleiche Größenordnung hat wie Omikron im Vergleich zu Delta. Das bedeutet, dass der bisher durch Impfungen und/oder Infektionen erworbene Immunschutz gegen die neue Variante deutlich weniger effektiv ist. Im Szenario 3 verändert sich zudem die Krankheitsschwere (Punkt (iii)). Die Variante weist also eine höhere Krankheitsschwere auf als Omikron. Ein "Szenario 4", bei welchem sich nur die Krankheitsschwere verändert, halten wir für weniger wahrscheinlich, weil eine solche Virusvariante Schwierigkeiten hätte, sich durchzusetzen.

3 Aus den Szenarien resultierende Infektionszahlen

Unsere Simulationen enthalten alle Infektionen, einschließlich der vermuteten Dunkelziffer. Während der Maxima der Omikron-Welle nehmen wir die Dunkelziffer mit einem Faktor 2-4 an. Aus Gründen der Vergleichbarkeit und wegen dieses Dunkelziffer-Effektes vergleichen wir die Höhe zukünftiger Wellen mit der Höhe der simulierten Omikron-Welle, anstatt zu erwartende Meldeinzidenzen anzugeben.

¹ Mit einer "sehr ähnlichen Variante" meinen wir, dass die gegen Omikron aufgebaute Immunität auch gegen die neue Variante wirkt.

Abbildung 1 zeigt, wie sich die modellierten Inzidenzen in den verschiedenen Szenarien entwickeln. Die blaue Kurve zeigt das eher günstige Szenario 1. Die rote und die gelbe Kurve unterscheiden sich bzgl. des Datums, an dem die neue Immunflucht-Variante erstmalig auftritt. Im gelben Fall wird die neue Variante am 01.07.22 eingeführt; im roten am 01.10.22. Das "eher ungünstige" Szenario 3 unterscheidet sich bzgl. der modellierten Inzidenzen nicht von Szenario 2, weil wir hier lediglich von einer höheren Krankheitsschwere ausgehen (siehe Tabelle 1).

Die maximalen Inzidenzen sind im "eher günstigen" Szenario 1 knapp 20% höher als das Maximum der Omikron-Welle, und im "mittleren" Szenario 2 und im "eher ungünstigen" Szenario 3 ca. 2-3 Mal so hoch, abhängig von Eintragungszeitpunkt der neuen Variante. Letzteres würde also ca. 2-3 Mal so viele Ausfälle wegen Isolierung und Krankschreibung bedeuten wie während der Omikron-Wellen.

Die Simulationen zeigen zudem, dass das Datum, an dem eine neue Variante erstmalig auftritt, sehr relevant ist. Beim Auftreten zum 01.07. (gelbe Kurve) ist die Variante laut Modell bereits Anfang August dominant, so dass die neue Welle hier beginnt – dies ist vergleichbar mit der Situation im Sommer 2021, als die Delta-Welle begann. Laut Modell kann der Effekt einer neuen Variante stärker sein als der Sommer-Winter-Effekt, so dass die nächste Welle auch im Sommer beginnen könnte – vgl. z.B. die Omikron-Welle, welche zuerst im südafrikanischen Südsommer beobachtet wurde.

Da die Verläufe sehr ähnlich sind, betrachten wir im weiteren nur noch den Eintrag im Oktober.

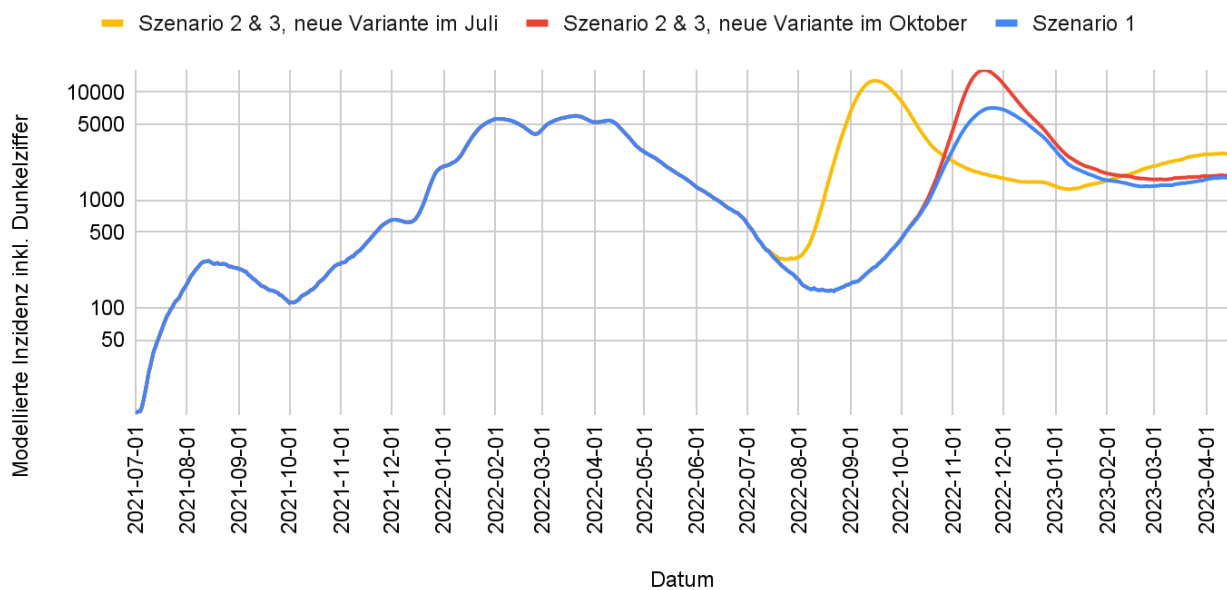


Abbildung 1: Verläufe der Inzidenzen im Modell für die unterschiedlichen Szenarien. Die Abbildung zeigt die modellierten Inzidenzen, welche auch eine vermutete Dunkelziffer enthalten; resultierende Meldeinzidenzen würden deutlich niedriger liegen.

Die Resultate basieren auf den folgenden Simulationen:

<https://covid-sim.info/cologne/2022-04-14?timePeriodIqA=730.0> (blaue Kurve),

<https://covid-sim.info/cologne/2022-04-13/?mutEscOm=6.0&timePeriodIqA=730.0> (gelbe Kurve),

<https://covid-sim.info/cologne/2022-04-13/?mutDate=2022-10-01&mutEscOm=6.0&timePeriodIqA=730.0> (rote Kurve).

4 Aus den Szenarien resultierende Hospitalisierungs- inzidenzen

Wie in Tabelle 1 beschrieben, unterscheiden sich die Szenarien 2 und 3 bzgl. der angenommenen Krankheitsschwere der neuen Immunflucht-Mutation. Unklar ist dabei zusätzlich, wie gut die bisherige Immunisierung (durch Impfungen oder durchgemachte Infektionen mit anderen Varianten) vor einem schweren Verlauf durch die neue Variante schützt. Wir haben daher für die Szenarien 2 und 3 jeweils zwei Variationen des Impfschutzes betrachtet: "eher niedriger Impfschutz vor schwerem Verlauf gegebener Infektion" (Impfschutzvariante A) und "eher hoher Impfschutz vor schwerem Verlauf gegebener Infektion" (Impfschutzvariante B). (Weitere Details finden sich im Anhang.)

Für die Anzahl der Hospitalisierungen (siehe Abbildung 2) ist die Situation zunächst ähnlich wie bei den Infektionen: Im "eher günstigen" Szenario 1 ist das Maximum der Hospitalisierungsinzidenz auf ähnlicher Höhe wie während der Omikron-Welle. Im "mittleren" Szenario 2 sind sie 3,1 bis 4,4x höher als während der Omikron-Welle. Im "eher ungünstigen" Szenario 3 sind sie 9,4 bis 13x höher als während der Omikron-Wellen.² (Siehe auch Tabelle 2.)

In Szenario 3 wären wir also wieder in der Situation, dass eine Überlastung des Gesundheitssystems drohen kann. Die Ursache dafür ist, dass wir zwar durch die Impfungen die Krankheitsschwere reduzieren, aber bzgl. Übertragbarkeit eine Variante annehmen, die sich trotz Impfungen deutlich schneller ausbreitet als die Wildvariante im März 2020.

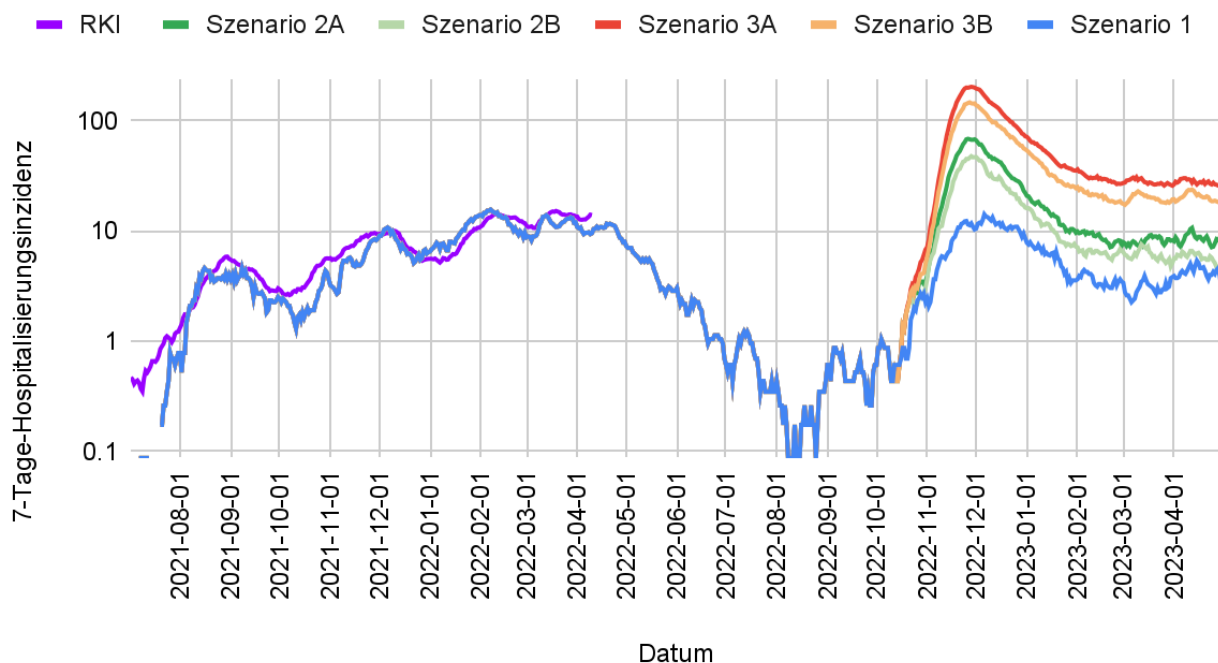


Abbildung 2: Verläufe der Hospitalisierungsinzidenzen (neue Hospitalisierungen je Woche und 100.000 Einwohner) im Modell für die unterschiedlichen Szenarien ohne erneute Impfkampagne. Die jeweils obere Kurve (rot, dunkelgrün) zeigt den Fall mit "eher niedriger Schutz vor schwerem Verlauf gegebener Infektion nach Immunisierung" (Impfschutzvariante A); die jeweils untere Kurve (orange, hellgrün) den Fall mit "eher hohem Schutz vor schwerem Verlauf gegebener Infektion nach Immunisierung" (Impfschutzvariante B).

² Die oberen und unteren Werte ergeben sich aus den beiden Impfschutzvarianten.

5 Wirkung möglicher Impfkampagnen

Anders als im letzten Bericht konzentrieren wir uns diesmal nicht auf eine mögliche Impfpflicht. Stattdessen betrachten wir, welche Wirkung schnelle Impfkampagnen auf die oben diskutierten Szenarien haben würden. Durch diese angenommenen Kampagnen würden Impfungen von bis zu 25% der Bevölkerung pro Woche, im Oktober, durchgeführt werden.³ Dabei unterscheiden wir zwei mögliche Impfstoffe:

1. Bisheriger Impfstoff. Weil es sich in den Szenarien 2 und 3 um eine weitere Immunflucht-Variante handelt, ist damit zu rechnen, dass der bisherige Impfstoff bzgl. Übertragung hier kaum Wirkung hat. Andererseits geht unser Immunitätsmodell⁴ davon aus, dass jedes Immunisierungsereignis Antikörper gegen *jede* Variante von SARS-CoV-2 erzeugt, wenn auch eventuell in sehr kleiner Anzahl.⁵ Durch mehrfaches Boostern wird diese ursprünglich sehr kleine Menge möglicherweise auf eine Höhe gebracht, welche eine gewisse Schutzwirkung gegen schwere Verläufe entfaltet.
2. Impfstoff mit "Omikron-Update". Dies wäre ein Impfstoff, welcher gegen Omikron ähnlich gut wirkt wie der ursprüngliche Impfstoff gegen die Wildvariante. Die Stärke der Wirkung dieses Impfstoff-Updates gegen die hypothetische neue Virusvariante würde in unseren Überlegungen der Stärke der Wirkung des originalen Impfstoffes gegen Omikron entsprechen – reduziert, aber noch wirksam.⁶

Zusätzlich wird auch hier bei beiden Impfstoffen ein "eher niedriger Impfschutz gegen schweren Verlauf gegebene Infektion" (Impfschutzvariante A) sowie ein "eher hoher Impfschutz gegen schweren Verlauf gegebene Infektion" (Impfschutzvariante B) betrachtet (vgl. Abschnitt 4 sowie Anhang).

In der am besten wirksamen Impfkampagne werden alle (!) Personen ab fünf (!) Jahren mit dem Update-Impfstoff geimpft.

- In Szenario 1 ("eher günstig") bewirkt dies ein sehr deutliches Absinken von Infektions- und Hospitalisierungsinzidenzen.
- Im mittleren Szenario 2 wird die Infektionsinzidenz durch eine solche Impfkampagne auf das 0,7-fache des Niveaus der Omikron-Welle abgesenkt, die maximale Hospitalisierungsinzidenz beträgt nur noch das 0,2- bis 0,6-fache des Maximums der Omikron-Welle (siehe auch Zeile 12 in Tabelle 2).
- Im "eher ungünstigen" Szenario 3 ist die Infektionsinzidenz wie in Szenario 2. Die Hospitalisierungsinzidenz beträgt das 0,7- bis 2,1-fache des Maximums der Omikron-Welle (siehe Zeile 18 in Tabelle 2).

Weitere Werte auch für andere Impfquoten, andere Altersgrenzen und den bisherigen Impfstoff sind in der folgenden Tabelle angegeben.

³ Der bisherige Rekord liegt bei 10% der Bevölkerung in einer Woche, vgl. https://www.datawrapper.de/_fYlj7/. 25% wäre somit anspruchsvoll, aber vermutlich machbar. Der Zeitdruck ergibt sich aus der Überlegung, dass uns nach dem ersten Nachweis einer solchen Mutation in Deutschland nur wenige Wochen für eine solche Impfkampagne bleiben würden.

⁴ Vgl. "Further Notes" am Ende von <https://covid-sim.info/cologne/2022-04-14/>.

⁵ Biologisch ist es vermutlich eher so, dass ein Immunisierungsereignis die Erzeugung einer bestimmten Menge von Antikörpern anregt, aber diese wirken unterschiedlich gut gegen unterschiedliche Virusvarianten – was sich z.B. in unterschiedlichen Neutralisierungstitern zeigt. In unserem Modell werden separate Antikörperspiegel für jede Virusvariante angenommen.

⁶ Wir gehen hierbei davon aus, dass ein solcher Impfstoff entwickelt werden kann. Bisherige Tests an Makaken (Gagne et al. 2022) und an Mäusen (Ying et al. 2022) besagen, dass zumindestens Einfach-Impfungen mit dem Update, verglichen mit dem bisherigen Impfstoff, kaum zusätzliche Wirkung gegen Omikron entfalten. Untersuchungen von Alternativen, z.B. mit wiederholten Impfungen mit dem neuen Impfstoff, sind uns nicht bekannt.

Zeile	Szenario	Mindestalter	Impfquote	Impfstoff	Max. Inzidenz im Vergleich zur Omikron-Welle	Max. Hospitalisierungsinzidenz im Vergleich zur Omikron-Welle
1	1	n/a	n/a	n/a	1.2	1
2	1	70	50%	bisheriger Impfstoff	1.1	0.7
3	1	70	50%	Omikron-Update	1	0.6
4	1	5	50%	bisheriger Impfstoff	0.5	0.4
5	1	5	50%	Omikron-Update	0.2	0.3
6	1	5	100%	Omikron-Update	0.1	0.1
7	2	n/a	n/a	n/a	2.6	3.1 - 4.4
8	2	70	50%	bisheriger Impfstoff	2.6	3 - 4
9	2	70	50%	Omikron-Update	2.6	2.4 - 3.8
10	2	5	50%	bisheriger Impfstoff	2	2.4 - 3.6
11	2	5	50%	Omikron-Update	1.6	1.5 - 2.7
12	2	5	100%	Omikron-Update	0.7	0.2 - 0.6
13	3	n/a	n/a	n/a	2.6	9.4 - 13
14	3	70	50%	bisheriger Impfstoff	2.6	9 - 13
15	3	70	50%	Omikron-Update	2.6	7.8 - 11.5
16	3	5	50%	bisheriger Impfstoff	2	8 - 12
17	3	5	50%	Omikron-Update	1.6	4.5 - 7.3
18	3	5	100%	Omikron-Update	0.7	0.7 - 2.1

Tabelle 2: Veränderung der Höhen der Infektions- bzw. Krankenhaus-Wellen durch schnelle Impfkampagnen. In den Kampagnen werden Personen unabhängig vom Impfstatus geimpft. Es handelt sich also sowohl um Erstimpfungen als auch um Auffrischungsimpfungen. Angegeben ist jeweils die Höhe des Maximums im Vergleich zur derzeitigen Omikron-Welle. Bei der maximalen Hospitalisierungsinzidenz (Szenarien 2 und 3) ist der linke Wert jeweils der, der sich aus dem "eher hohen" Impfschutz gegen schweren Verlauf gegeben Infektion (siehe Abschnitt 4 und Anhang) ergibt; der rechte derjenige, der sich aus dem "eher niedrigen" Impfschutz gegen schweren Verlauf gegeben Infektion ergibt. Die Zeilen 1, 7 und 13 (schwarz eingerahmt) entsprechen den Szenarien ohne Impfkampagne aus den Abschnitten 2 bis 4.

Lesebeispiel Zeile 13: Im Szenario 3 (Immunfluchtvariante mit Delta-artiger Krankheitsschwere) ist laut Modell das Maximum der Hospitalisierungsinzidenz 9,4 bis 13 mal so hoch wie bei der derzeitigen Omikron-Welle.

Lesebeispiel Zeile 18: Eine Impfkampagne, bei der 100% der Bevölkerung von 5 Jahren und älter mit einem Omikron-Update-Impfstoff geimpft wird, reduziert diesen Wert auf 0,7 bis 2,1 mal so hoch wie bei der derzeitigen Omikron-Welle.

6 Einordnung der Simulationsergebnisse

Selbst das "eher günstige" Szenario 1 führt zu einer Welle ähnlich der Omikron-Welle. Immerhin haben wir hier die Möglichkeit, durch eine gezielte Impfkampagne sowohl die Welle der Infektionen abzuschwächen als auch die Krankenhausbelastung zu reduzieren.

Es gibt aber auch eine gewisse Wahrscheinlichkeit, dass das "eher ungünstige" Szenario 3 eintritt. Falls dies passiert, können (laut unseren Simulationen) Impfungen als Einzelmaßnahme nur dann eine Überlastung des Gesundheitssystems vermeiden, wenn eine utopisch hohe Impfquote von 100% ab einem Alter von 5 Jahren angenommen wird. Falls eine Überlastung des Gesundheitssystems abgewendet werden soll, wird es in einem solchen Szenario also nötig sein, über die Impfkampagne hinaus sehr schnell sehr deutliche Gegenmaßnahmen zu ergreifen – also Teststrategie, Maskenpflichten und Kontaktbeschränkungen.

Quellen

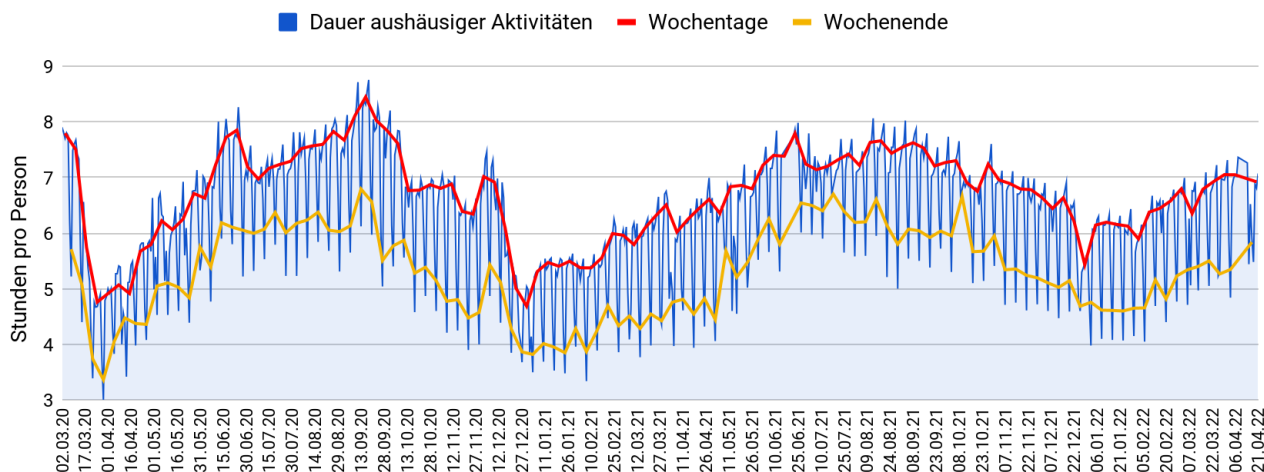
- Gagne, Matthew, Juan I. Moliva, Kathryn E. Foulds, Shayne F. Andrew, Barbara J. Flynn, Anne P. Werner, Danielle A. Wagner, et al. 2022. "mRNA-1273 or mRNA-Omicron Boost in Vaccinated Macaques Elicits Comparable B Cell Expansion, Neutralizing Antibodies and Protection against Omicron." *bioRxiv*. doi:10.1101/2022.02.03.479037.
- RKI. 2022. "Inzidenzen der symptomatischen und hospitalisierten COVID-19-Fälle nach Impfstatus." April 21.
https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges_Coronavirus/Daten/Inzidenz_Impfstatus.html.
- SAGE. 2022. "Viral Evolution Scenarios." *GOV.UK*. February 11.
<https://www.gov.uk/government/publications/academics-viral-evolution-scenarios-10-february-2022>.
- Senozon. 2020. "The Senozon Mobility Model." *The Senozon Mobility Model*.
<https://senozon.com/en/model/>.
- UKHSA. 2022. "COVID-19 Vaccine Surveillance Report - Week 11." March 17.
https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/1061532/Vaccine_surveillance_report_-_week_11.pdf.
- Ying, Baoling, Suzanne M. Scheaffer, Bradley Whitener, Chieh-Yu Liang, Oleksandr Dmytrenko, Samantha Mackin, Kai Wu, et al. 2022. "Boosting with Omicron-Matched or Historical mRNA Vaccines Increases Neutralizing Antibody Responses and Protection against B.1.1.529 Infection in Mice." doi:10.1101/2022.02.07.479419.

Anhang

Mobilitätsdaten

Die Entwicklung der aushäusigen Aktivitätendauern für Berlin und Köln sind in den beiden folgenden Abbildungen dargestellt (Abb. 3). Seit unserem letzten Bericht ist in Berlin das Niveau der aushäusigen Aktivitätendauern an den Wochentagen bis Anfang April leicht angestiegen und verweilt nun bei ca. 6,9 Stunden pro Tag. Das Niveau liegt weiterhin niedriger als in Köln (ca. 7,9 Stunden pro Tag). Auswertungen für alle Landkreise und Bundesländer sind auf unserer Webseite <https://covid-sim.info/mobility-counties/> abrufbar.

Durchschnittliche Dauer aushäusiger Aktivitäten Berlin



Durchschnittliche Dauer aushäusiger Aktivitäten Köln

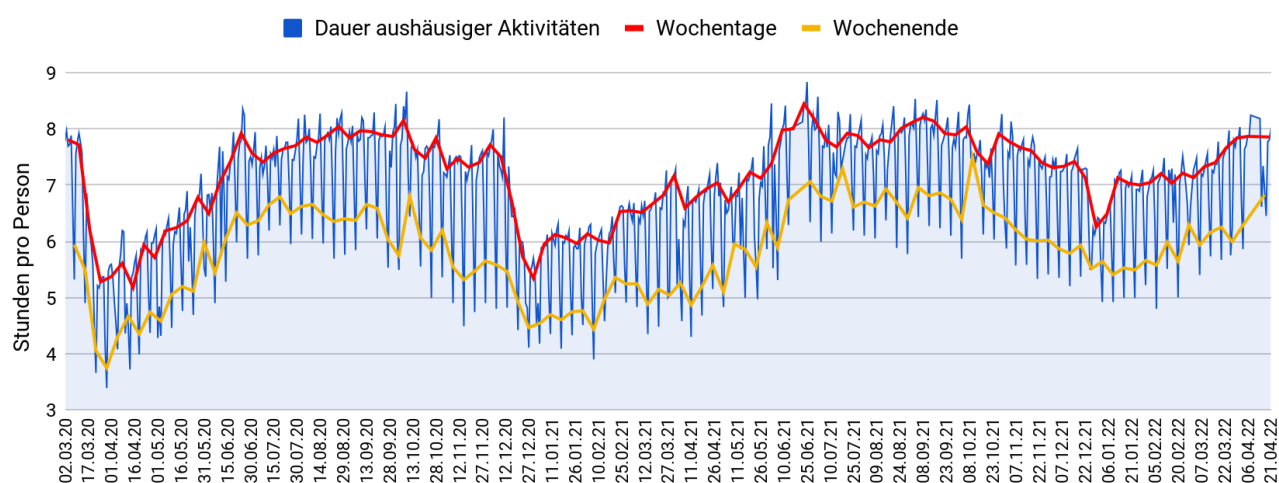


Abbildung 3: Im Mittel aushäusig verbrachte Zeit pro Person und Tag in Berlin (oben) und Köln (unten); ermittelt aus anonymisierten Mobilfunkdaten. Rot: Mittelwerte über die Wochentage der jeweiligen Woche. Gelb: Mittelwerte über die Wochenend- und Feiertage (einschl. Samstag) der jeweiligen Woche. Für den Zeitraum vom 09. bis 13.04. liegen uns leider keine Daten vor. Eigene Darstellung; Datenquelle: Senozon (2020).

Impfwirkungen

Impfstudien ermitteln vor allem die Reduktion der Wahrscheinlichkeit einer symptomatischen Infektion sowie einer Hospitalisierung. Die Wahrscheinlichkeit einer krankenhauspflichtigen Covid-Infektion für eine nicht-infizierte Person setzt sich zusammen aus der Wahrscheinlichkeit einer Infektion sowie der *bedingten* Wahrscheinlichkeit der Hospitalisierung gegeben Infektion:

$$p(\text{hospital}) = p(\text{hospital}|\text{infection}) \cdot p(\text{infection}).$$

Der durch die Impfungen gegebene – und über die Zeit abnehmende – Schutz gegen Infektion ist gut dokumentiert und viel diskutiert. Über den Schutz gegen Hospitalisierung gegebene Infektion ist hingegen weniger bekannt. Wir nehmen in unserem Modell aufgrund der aktuellen Studienlage folgendes an:

1. Der Schutz gegen Hospitalisierung gegebene Infektion nimmt über die Zeit weniger stark ab als der Schutz gegen Infektion. Wir nehmen ihn derzeit im Modell als konstant an, wobei die Stärke des Schutzes durch weitere Immunisierungen (Impfungen oder Infektionen) erhöht werden kann.

2. Der Schutz gegen Hospitalisierung gegeben Infektion liegt zwischen einem Faktor 2 und einem Faktor 5 (RKI 2022; UKHSA 2022).

Wir haben daraus folgende mögliche Variationen entwickelt, die in Abschnitt 4 erklärt bzw. Abb. 2 dargestellt werden:

- 2A: Wahrscheinlichkeit Hospitalisierung gegeben Infektion bei Ungeimpften wie bei Omi-kron, niedriger Impfschutz gegen Hospitalisierung gegeben Infektion.
- 2B: Wahrscheinlichkeit Hospitalisierung gegeben Infektion bei Ungeimpften wie bei Omi-kron, hoher Impfschutz gegen Hospitalisierung gegeben Infektion.
- 3A: Wahrscheinlichkeit Hospitalisierung gegeben Infektion bei Ungeimpften wie bei Delta, niedriger Impfschutz gegen Hospitalisierung gegeben Infektion.
- 3B: Wahrscheinlichkeit Hospitalisierung gegeben Infektion bei Ungeimpften wie bei Delta, hoher Impfschutz gegen Hospitalisierung gegeben Infektion.